

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-186134

(43)Date of publication of application : 15.07.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

G23F 4/00

(21)Application number : 07-343067

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 28.12.1995

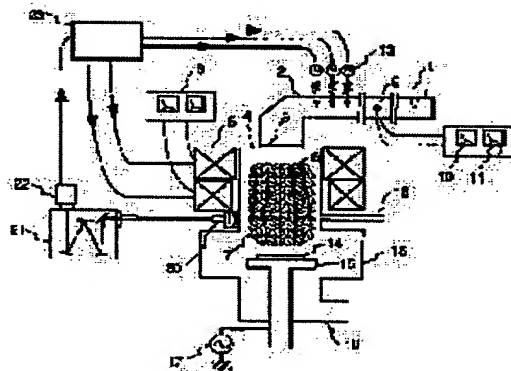
(72)Inventor : MORISHITA SATOSHI  
ADACHI KOICHIRO  
SUGIMOTO KAZUO

## (54) METHOD OF DRY ETCHING

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve accuracy in dimensions in an etching step, along with less damages and high selectivity of an etching material to a base film, by obtaining a ratio of luminous intensity of a primary wavelength and a secondary wavelength from given elements in a mixed gas, and control a plasma on the basis of the ratio of the luminous intensity.

**SOLUTION:** A beam of light from a plasma 7 in a vacuum chamber 4 is condensed by an optical lens, and a spectroscope 21 for the light of an optical system 20 is provided. An area sensor 22 for detecting a beam separated in wavelengths by the spectroscope 21 is provided to measure the luminous intensity of beams with two wavelengths. A ratio of luminous intensity of plasma beams from the vacuum chamber 4 is calculated on the basis of the luminous intensity of the area sensor 22. The state of plasma is optimized by a control signal that is fed in a control circuit 23 on the basis of the ratio of luminous intensity. Then, a selectivity ratio of silicon-based material to a base oxide film can be improved, and at the same time, accuracy in dimensions can be improved in the etching step.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

09.07.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3418045

[Date of registration]

11.04.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-186134

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup>   | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I            | 技術表示箇所 |
|-----------------------------|------|--------|----------------|--------|
| H 0 1 L 21/3065             |      |        | H 0 1 L 21/302 | E      |
| C 2 3 F 4/00                |      |        | C 2 3 F 4/00   | A      |
|                             |      |        |                | D      |
|                             |      |        |                | E      |
|                             |      |        |                | F      |
| 審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 9 頁) |      |        |                |        |

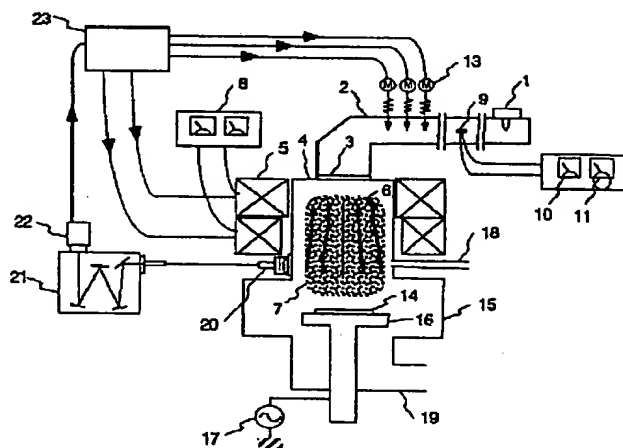
|           |                  |          |                                              |
|-----------|------------------|----------|----------------------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願平7-343067      | (71) 出願人 | 000005049<br>シャープ株式会社<br>大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 |
| (22) 出願日  | 平成7年(1995)12月28日 | (72) 発明者 | 森下 敏<br>大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ<br>ャープ株式会社内    |
|           |                  | (72) 発明者 | 足立 浩一郎<br>大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ<br>ャープ株式会社内  |
|           |                  | (72) 発明者 | 杉本 和雄<br>大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ<br>ャープ株式会社内   |
|           |                  | (74) 代理人 | 弁理士 梅田 勝                                     |

(54) 【発明の名称】 ドライエッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 プラズマを使用するドライエッチング技術において、下地膜と被エッチング材料との高選択性、低損傷性を実現するためには、エッチングに最適なプラズマの状態に決定し、制御する必要がある。特に、ゲート電極加工として、酸素とハロゲン元素を含む混合ガスを用い、有機レジストマスクを用いる酸化膜上のシリコン系材料をエッチングする場合に、高選択性、低損傷性、加工寸法精度が要求されている。

【解決手段】 エッチングガスに含まれる元素で特定される第1波長及び第2波長における前記プラズマの発光強度から発光強度比を求め、該発光強度の比に基づいて前記プラズマを制御してエッチングを行うことを特徴とするドライエッチング方法を提供する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ハロゲン元素と酸素元素を含む混合ガスをプラズマにして、有機レジストマスクを用いて、酸素を含む絶縁膜上のシリコンを含む被エッチング材を選択的にエッチングを行うドライエッチング方法において、前記混合ガスに含まれる元素で特定される第1波長及び第2波長における前記プラズマの発光強度から発光強度比を求め、

該発光強度比に基づいて前記プラズマを制御してエッチングを行うことを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項2】 前記第1波長は、ハロゲンプラズマからの発光の波長であり、前記第2波長は、酸素プラズマからの発光の波長であることを特徴とする請求項1に記載のドライエッチング方法。

【請求項3】 前記第1波長は、酸素プラズマの3重項励起状態間の遷移による発光の波長であり、前記第2波長は、酸素プラズマの5重項励起状態間の遷移による発光の波長、または酸素イオンからの発光の波長のいずれかであることを特徴とする請求項1に記載のドライエッチング方法。

【請求項4】 前記ハロゲン元素を含む混合ガスとしてHBrを含む混合ガスを用いて、前記第1波長はBrプラズマからの発光である780nmの波長であり、前記第2波長は酸素プラズマからの発光である777nmの波長であることを特徴とする請求項2に記載のドライエッチング方法。

【請求項5】 前記ハロゲン元素を含む混合ガスとしてCl<sub>2</sub>を含む混合ガスを用いて、前記第1波長はClプラズマからの発光である808nmの波長であり、前記第2波長は酸素プラズマからの発光である777nmの波長にであることを特徴とする請求項2に記載のドライエッチング方法。

【請求項6】 前記第1波長は、3重項励起状態間の遷移である844nmの波長であり、前記第2波長は、5重項励起状態間の遷移である777nmの波長、または酸素イオンからの発光である588nmの波長のいずれかであることを特徴とする請求項3に記載のドライエッチング方法。

【請求項7】 前記プラズマを制御するのに、マイクロ波の入力パワーの制御、磁場形成のためのコイルの電流値の制御、放電圧力の制御のうち、少なくとも1つを用いることを特徴とする請求項1～6に記載のドライエッチング方法。

【請求項8】 ハロゲン元素と酸素元素を含む混合ガスをプラズマするドライエッチング装置を使用し、有機レジストマスクを用いて、酸素を含む絶縁膜上のシリコンを含む被エッチング材を選択的にエッチングを行うドライエッチング方法において、前記混合ガスに含まれる元素で特定される第1波長及び第2波長における前記プラズマの発光強度から発光強度

比を測定し、

該測定された発光強度比と予め規定した前記ドライエッチング装置の正常状態時の発光強度比と比較することで、前記ドライエッチング装置の異常を検出を行うことを特徴とするドライエッチング方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造に用いられるドライエッチング方法に関し、特に、シリコン系材料をドライエッチングする方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、半導体装置の高集積化に伴い、微細加工技術に対する要求も一段と厳しいものになってきている。特に、薄膜トランジスタ等のゲート電極部を形成するシリコン及びシリコンを含む材料（以下、両者をシリコン系材料と記す）のドライエッチング技術においては、下地ゲート絶縁膜の薄膜化により電極部エッチング工程での下地ゲート絶縁膜との高選択性と低損傷性の要求がさらに強まり、パターン寸法の微細化に合わせた加工寸法精度の向上とともに、これら全ての要求を満たす技術開発が望まれている。

【0003】ドライエッチングに使用している従来のマイクロ波プラズマを用いたドライエッチング装置として電子サイクロトロン共鳴（以下、ECRと記す）プラズマエッチング装置を図2に示す。

【0004】まず2.45GHzのマイクロ波をマグネトロン1で発生させ、導波管2を通して導入窓3からプラズマを発生させるために真空室4に導入する。ソレノイドコイル5は、真空室4に磁場6を発生させる。このようにして形成された磁場6とマイクロ波の電場の相乗効果により電子がサイクロトロン運動をし、これによってプラズマ7が発生する。

【0005】前記ソレノイドコイル5は、通常プラズマの均一性や制御性を高めるために、少なくとも2つのコイルに別れており、それぞれのコイル電流値を独立に変化させることにより形成される磁場6のECR条件（磁場強度が875ガウスである条件）を満たす領域の位置や、磁場の勾配を変えてプラズマのマイクロ波パワーの利用効率やプラズマ密度分布を変化させることができる。ソレノイドコイル5の電流値は、パワーメーター8で検出している。

【0006】また、導波管2を通るマイクロ波の反射波については、この反射波が最小になるように方向性結合器9を用いて制御している。方向性結合器9で検出した入射波と反射波をパワーメーター10、11に表示し、反射波のパワーメーター11の信号をコントロール回路12に取り込む。コントロール回路12で導波管2に設けたスタブピン13の位置を、反射波のパワーメーター11の信号が最小になるように、それぞれモーターなどで駆動することによってマイクロ波のマッチングを行

い、マイクロ波の入力パワーの最大化が図られる。

【0007】次に、前記従来のECRプラズマエッチング装置を用いたシリコン系材料のエッチング技術について説明する。酸化膜上にシリコン系材料の被エッチング材を形成したウェハー14は、処理室15内のウェハー搭載電極16上に置かれる。通常、ウェハー搭載電極16には高周波電源17が接続され、高周波バイアスが印加できる。エッチングに使用するガスは、ガス供給口18から真空室4に導入され、エッチングに使用された後、排気口19から排出される。エッチングに使用するガスとしては、最近ふっ素系、フロン系ガスに代わり、塩素系や臭素系ガスが用いられるようになってきている。これは塩素系、臭素系ガスを用いた場合には、原子間結合エネルギーに差があり、 $\text{Si-F}$ 結合 $>$  $\text{Si-O}$ 結合 $>$  $\text{Si-Cl}$ 結合 $>$  $\text{Si-Br}$ 結合となっているため、自発的にはシリコン系材料とエッチング反応を起こさず、イオン・アシスト機構によりエッチングが進行するため、異方性が得やすいことや、酸化膜に対して従来ガスより高いエッチング選択性が得られるからである。また、通常行われている有機レジストマスクを用いて酸化膜上のシリコン系材料をエッチングする場合、下地酸化膜に対するシリコン系材料のエッチング選択性を高めるため、エッチングガスに少量の酸素ガスを添加する方法が行われている。

【0008】また、特公平7-75230号公報に記載のイオンやラジカルの濃度比をモニタしてエッチングする方法では、質量分析器を用いて前記濃度比をモニタして終点判定を行う方法が報告されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来のプラズマエッチング装置でエッチングする場合、前述のマイクロ波のマッチング調整では方向性結合器7の精度が高くないこともあり、反射パワーが零の時に必ずしもマイクロ波の入力パワーが最大となるのではないので、真空室4内で生成されたプラズマの状態がエッチング処理の最適状態にあるとは言えなかった。特開平6-188221号公報に、この問題を解決するために、プラズマアッシング装置においてプラズマの発光強度を検出し、発光強度が最大になるようにスタブピンを制御する方法が示されているが、プラズマエッチング装置のように複数のガスを使用することが一般的である場合には、プラズマ反応が複雑になり、単純に特定の反応種の発光強度を最大にするだけではプラズマがエッチングの最適な状態にあるとは言えない。

【0010】また、使用するガス種や放電圧力、更に入射するマイクロ波パワーの大きさや被エッチング材料、ソレノイドコイルや処理室の大きさや形状によって、最適なプラズマの状態の作り出すコイルの電流値が異なり、それぞれについてソレノイドコイルの電流値を選び出さねばならない。

【0011】また、特に、有機レジストをマスクとして用いて、酸化膜上のシリコン系材料をエッチングする場合、前述したように少量の酸素ガスを導入しているが、酸素ガスを添加することによって、下地酸化膜に対するシリコン系材料のエッチングの選択比が高まるというメリットを有するが、一方で有機レジストマスクに対するシリコン系材料の選択性が低下し、またマスク側壁への堆積物が増加して加工精度の劣化を招く等のデメリットも有する。従って、酸素ガスを極少量に制限すると、加工寸法精度は上がるが、下地酸化膜に対するシリコン系材料の選択性が不十分となり、逆に酸素導入量を増加させ、下地酸化膜に対するシリコン系材料の選択性を上げると、加工寸法精度が悪くなるという問題がある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明は上記問題点を解決するために、請求項1のドライエッチング方法は、ハロゲン元素と酸素元素を含む混合ガスをプラズマにして、有機レジストマスクを用いて、酸素を含む絶縁膜上のシリコンを含む被エッチング材を選択的にエッチングを行うドライエッチング方法において、前記混合ガスに含まれる元素で特定される第1波長及び第2波長におけるプラズマからの発光強度から発光強度比を求め、該発光強度の比に基づいて前記プラズマを制御してエッチングを行うことを特徴とする。

【0013】この方法は、酸素ガスを含むプラズマ中で生成される活性種、つまりイオンやラジカルのうち、シリコン系材料の下地酸化膜との選択比の向上に寄与すると思われる活性種の濃度を高め、一方で有機レジストマスクに対するエッチングの選択比の向上に寄与する活性種、並びにマスク側壁への堆積物生成に寄与すると思われる活性種の濃度を低下させるようにプラズマの生成条件を決定し、制御しようとするものである。

【0014】また、請求項2、4、5のドライエッチング方法は、前記第1波長として前記ハロゲン化ガスのハロゲンプラズマに起因する発光の波長、特に、Brプラズマに起因する発光である780nm、あるいはClプラズマに起因する発光である808nmの波長の何れかをを用い、前記第2波長として前記酸素ガスの酸素プラズマに起因する発光の波長、特に777nmを用いることを特徴とする。

【0015】あるいは、別の前記第1、2波長の選択として前記酸素ガスの酸素プラズマに起因する波長、特に、3重項励起状態からの遷移である発光の波長で844nmを用い、前記第2波長として前記酸素ガスの酸素プラズマに起因する5重項励起状態からの遷移である発光の波長で777nm、または酸素イオンからの発光の波長で588nmのいずれかをを用いることを特徴とする。

【0016】そして、前記プラズマを制御する方法として、マイクロ波の入力パワーの制御、磁場形成のための

コイルの電流値の制御、放電圧力の制御のうち、少なくとも1つを用いることを特徴とする。

【0017】マイクロ波の入力パワーの制御の方法としては、マグネトロンで発生されるマイクロ波のパワーを制御する方法やスタブピンの位置を制御する方法が取られる。

【0018】また、ハロゲン元素と酸素元素を含む混合ガスをプラズマするドライエッチング装置を使用し、有機レジストマスクを用いて、酸素を含む絶縁膜上のシリコンを含む被エッチング材を選択的にエッチングを行うドライエッチング方法において、前記混合ガスに含まれる元素で特定される第1波長及び第2波長における前記プラズマの発光強度から発光強度比を測定し、該測定された発光強度比と予め規定した前記ドライエッチング装置の正常状態時の発光強度比と比較することで、前記ドライエッチング装置の異常を検出を行うことを特徴とする。

【0019】

【発明の実施の形態】まずは、本発明に係るECRプラズマエッチング装置について図1を用いて説明する。図2と同一部材には同一符号を記す。

【0020】前述した従来プラズマエッチング装置に加え、真空室4内のプラズマ7からの発光を光学レンズを用いて集光し、光ファイバーで取り出す光学系20を設け、光学系20により取り出した発光を分光する分光器21を設け、プラズマ光のうちの2種の波長の発光強度を測定するため、分光器21で波長分離した光をCCDアレイを用いて検出するエリアセンサー22を設け、エリアセンサー22から得られる発光強度から真空室4内のプラズマ発光の強度比を求め、該発光強度比に基づいて、スタブピン13の出し入れ位置を制御する信号とソレノイドコイル5の電流値を制御する信号と放電圧力を制御する信号を送るコントロール回路23を設けて、各制御信号に基づいてプラズマの状態の最適化を行う。尚、放電圧力を制御する信号を送る制御線及び放電圧力制御装置は図示していない。本発明の実施の形態では、ECRプラズマエッチング装置について説明したが、プラズマを用いる装置であれば、例えば、RIE（反応性イオンエッチング）装置等に適用できる。

【0021】本発明に係る実施の形態1、2として、半導体装置のゲート電極加工に適用し、エッチングガスとして臭化水素と塩素の混合ガスと酸素ガスを用いて、酸化シリコン膜上に積層された不純物をドーピングしていない多結晶シリコン材料をECRプラズマ装置で加工した実施の形態を以下に記載する。

【0022】（実施の形態1）実施の形態1では前述の装置を用いて、第1波長として酸素プラズマによる発光の波長、第2波長としてハロゲンプラズマによる発光の波長を選択してエッチングを行うエッチングについて説明する。

【0023】まず、ソレノイドコイル5の電流値を様々に変化させて、測定した酸素プラズマによる波長777nmの発光とBrプラズマによる波長780nmの発光の強度比とその時の酸化シリコン膜に対する多結晶シリコン膜の選択比（選択比は、下地絶縁膜のエッチングレートに対する被エッチング材のエッチングレートの比を示す。以下も同じ）との相関を図3に示す。横軸に777nm/780nmの発光強度比を示し、縦軸に酸化シリコン膜に対する多結晶シリコン膜の選択比を示す。

【0024】図3に示すように、Brプラズマの発光強度に対する酸素プラズマの発光強度の比が大きいくほど、酸化シリコン膜に対する多結晶シリコン膜のエッチングレートの選択比が大きくなる。つまり発光強度比が大きくなるようにソレノイドコイルの電流値、マイクロ波の入力パワーを調整することでプラズマの状態が改善され、酸化シリコン膜に対する多結晶シリコン膜の選択比が上昇する。

【0025】次に、本発明に係るドライエッチング方法を用いて、前記777nm/780nmの発光強度比を大きくするように磁場の制御を行うことによって、プラズマの状態を最適化してエッチングを行った例を以下に示す。

【0026】ソレノイドコイルの電流値を15A/10A（ソレノイドコイル5の上部コイルの電流値/下部コイルの電流値を示す。以下も同じ）に当初設定しておいた条件から本発明のドライエッチング方法で発光強度比がより大きくなるように上部コイルの電流値を調整して、16A/10Aの条件になった例を図4に示す。この調整の結果、酸化シリコン膜に対する多結晶シリコン膜の選択比が75から145へと大幅に改善された。また、マスクとして有機レジストを使用した場合、前記の調整によって有機レジストマスクに対する多結晶シリコン膜の選択比も1から3に向上し、レジスト側壁への反応生成物の堆積減少により加工寸法精度は0.2μm幅から0.5μm幅のパターンにおいてラインとスペースの幅が1:1の密集したパターン、ラインが孤立したパターンの双方について10%以内の線幅のズレに抑えられた。

【0027】次に、ソレノイドコイルの当初の設定電流値が19A/13.5Aの条件をソレノイドコイル5の電流値を制御することによって、Brプラズマの発光強度に対する酸素プラズマの発光強度の比が最大になるように調整を行い、19A/13.5Aに調整した例を図5に示す。その結果、選択比が改善された上に、エッチングレートのウェハー面内均一性が11.5%から3%に改善されている。これらの現象はプラズマのちらつき等に見られるプラズマの吸収ロスが改善された為、プラズマ密度を最大にすることができたためと考えられる。

【0028】上記実施の形態の磁場以外の条件は酸素ガス4sccm、臭化水素ガス24sccm及び塩素ガス

12 sccmの混合ガスを用い、マイクロ波入力パワー1100W、放電ガス圧力0.2Pa、高周波数バイアスパワー20W、ウェハー温度20℃とした。

【0029】本実施の形態では、ハロゲンプラズマによる発光として、Brプラズマからの発光である780nmを用いたが、Clプラズマからの発光である808nmを用いても同様であった。

【0030】また本実施の形態では、第1波長として酸素プラズマからの発光である777nm、第2波長としてハロゲンプラズマからの発光である780nm、または808nmを用いたが、他の発光波長を用いてもかまわない。ただし、本実施の形態の波長を用いた場合、その他の発光波長を用いた場合よりも安定したエッチング制御が可能となった。それは、これらの発光強度がほとんど同じで制御精度がよいからである。また、第1波長と第2波長が近い波長であることは、採光窓の汚れに対しても、汚れの波長依存性を受けにくいという利点もある。

【0031】(実施の形態2) 本発明に係る実施の形態2として、第1、2波長ともに酸素ガスからの発光の波長を用いた場合について説明する。

【0032】上記ECRプラズマエッチング装置で酸素プラズマを発生し、第1波長としてプラズマ中の酸素の5重項励起状態間の遷移による777nmの発光と、第2波長として3重項励起状態間の遷移による844nmの発光を測定し、その発光強度比を求める。そして、このプラズマ条件で臭化水素ガス、塩素ガス、酸素ガスを導入し、エッチングを行う。

【0033】まずは、エッチング装置の放電圧力、マイクロ波の入力パワー、磁場を形成するソレノイドコイルの電流値等のプラズマ生成条件を変えて、酸化シリコン膜に対する多結晶シリコン膜の選択比を測定した結果を図6に示す。横軸に777nm/844nmの発光強度比を示し、縦軸に酸化シリコン膜に対する多結晶シリコン膜の選択比を示す。図6に示されるようにエッチング装置の放電圧力、マイクロ波の入力パワー、真空室内に磁場を形成するソレノイドコイルの電流値のどれを変えても、3重項励起状態間の遷移による844nmの発光に対する5重項励起状態間の遷移による777nmの発光強度比が大きくなるように、プラズマの生成条件を制御させることによって、酸化シリコン膜に対する多結晶シリコン膜の選択比を高めることができる。

【0034】次に、同様に有機レジストマスクに対する多結晶シリコン膜の選択比を測定した結果を図7に示す。図7に示すように、3重項励起状態間の遷移による844nmの発光に対する5重項励起状態間の遷移による777nmの発光強度比が大きくなるように、プラズマ生成条件を制御させることによって、有機レジストマスクに対する多結晶シリコン膜の選択比を高めることができる。

【0035】また、同様にして多結晶シリコンの0.25μm線幅の電極パターンを形成した時の寸法変化量を測定した結果を図8に示す。横軸に777nm/844nmの発光強度比を示し、縦軸に寸法変化量を示す。図8に示されるように、3重項励起状態間の遷移による844nmの発光に対する5重項励起状態間の遷移による777nmの発光強度比が大きくなるように、プラズマ生成条件を変化させることによって、マスク側壁への堆積物増加を抑え、加工寸法精度を高めることができる。

【0036】従って、3重項励起状態間の遷移による844nmの発光に対する5重項励起状態間の遷移による777nmの発光強度比が大きくなるように、プラズマ生成条件を制御することによって、酸素添加によるデメリットを抑え、高選択比、高精度の0.25μmの多結晶シリコンゲート電極の加工が実現できた。

【0037】ここでは、777nm/844nmの発光強度比を変化させる際、ECRエッチング装置の放電圧力、マイクロ波の入力パワー、磁場を形成するソレノイドコイルの電流値を変化させたが、放電圧力については低くするほど、マイクロ波の入力パワーについては高くするほど、磁場を形成するソレノイドコイルの電流値については、形成される距離のECR条件である875ガウスの磁場強度の領域からエッチング処理するウェハーまでの距離を近づけるように設定するほど、あるいはECR領域付近の磁場勾配を小さくするように設定するほど上記発光強度は大きくすることができた。

【0038】また、ここでは、3重項励起状態間の遷移による発光に844nmを酸素イオンからの発光に777nmを用いたが、それぞれ他の3重項励起状態間の遷移による発光の波長や酸素イオンからの発光の波長を用いても構わない。例えば、3重項励起状態間の遷移による発光では437nm、5重項励起状態間の遷移による発光では395nmを使用することができるが、前記777nmと844nmを用いた方が精度の良い結果が得られた。

【0039】次に、第1波長として酸素イオンによる発光の波長、第2波長として酸素の3重項励起状態間の遷移による発光の波長を用いて、それらの波長の発光強度比と、酸化シリコン膜に対する多結晶シリコンの選択比との相関を図9に示す。横軸に588nm/844nmの発光強度比を示し、縦軸に酸化シリコン膜に対する多結晶シリコン膜の選択比を示す。図9に示されるように、エッチング装置の放電圧力、マイクロ波の入力パワー、磁場を形成するソレノイドコイルの電流値のどれを変えても、酸素イオンによる588nmの発光に対する3重項励起状態間の遷移による844nmの発光強度比が大きくなるように、プラズマ生成条件を制御させることによって、酸化シリコン膜に対する多結晶シリコンの選択比を高めることができる。

【0040】次に、同様に有機レジストマスクに対する

多結晶シリコン膜の選択比を測定した結果を図10に示す。横軸に588nm/844nmの発光強度比を示し、縦軸に寸法変化量を示す。図10に示すように、酸素イオンによる588nmの発光に対する3重項励起状態間の遷移による844nmの発光強度比が大きくなるように、プラズマ生成条件を制御させることによって、有機レジストマスクに対する多結晶シリコンの選択比を高めることができる。

【0041】また、同様にして、多結晶シリコンの0.25μm線幅の電極パターンを形成した時の寸法変化量を測定した結果を図11に示す。横軸に588nm/844nmの発光強度比を示し、縦軸に寸法変化量を示す。図11に示されるように、3重項励起状態間の遷移による844nmの発光に対する酸素イオンによる588nmの発光強度比が大きくなるように、プラズマ生成条件を制御させることによって、マスク側壁への堆積物増加を抑え、加工寸法精度を高めることができる。

【0042】従って、3重項励起状態間の遷移による844nmの発光に対する酸素イオンによる588nmの発光強度比が大きくなるように、プラズマ生成条件を制御することによって、酸素添加によるデメリットを抑え、高選択比、高精度の0.25μmの多結晶シリコンゲート電極の加工が実現できた。

【0043】また、ここでは、3重項励起状態間の遷移による発光に844nmを酸素イオンからの発光に588nmを用いたが、それぞれ他の3重項励起状態間の遷移による発光の波長や酸素イオンからの発光の波長を用いても構わない。例えば、3重項励起状態間の遷移による発光では437nm、酸素イオンからの発光では560nmを使用することもできるが、前記588nmと844nmを用いた方が精度の良い結果が得られた。

【0044】上記実施の形態1、2では、ハロゲンガスとして臭化水素と塩素の混合ガスを用いたが、臭化水素あるいは塩素のみでも同様の効果が確認された。

【0045】上記実施の形態1、2では、シリコン系材料として不純物をドーパされない多結晶シリコンを用いたが、不純物をドーパされた多結晶シリコン、結晶シリコン及びアモルファスシリコンでも同様の効果が確認された。また、上記実施の形態では、ゲート材料に酸化シリコン膜を用いたが、窒素を含むシリコンの窒化酸化膜でも同じであった。

【0046】また、本発明によるドライエッチング方法では、常時、発光強度比を測定することが可能であるので、本実施の形態で記載したようなプラズマの生成条件の最適化の手段としてだけでなく、稼動状態のモニタとして利用することで、プラズマエッチングの状態の確認や異常の検出手段、あるいは自動的にプラズマ生成条件を最適化するオートチューナーとしても用いることができる。

【0047】具体的に異常を検出する方法について1例

を説明する。通常、エッチング処理を行う前に、ペアシリコンウェハをダミーウェハとして放電を行い、ドライエッチング装置の放電状態を安定させる。その時のプラズマ発光の強度を測定し、発光強度比を求め、予め規定しておいた装置の正常状態時の発光強度比と比較することによって、装置が異常であるか、否かを検出することができる。この方法によって、実際にエッチングを行うことなく装置の異常を検出することができるのでエッチングマスク材や被エッチング材の影響を受けることなく装置固有の検査が行うことができる。

【0048】そして、プラズマ生成条件を決定するパラメータごとの発光強度比のデータを記録しておき、検査したときの発光強度を単純な比を取るだけでなく、エッチングパラメータと測定した発光との関係を変数解析の手法を用いることにより、どのパラメータに関する異常であるかを検出することが出来る。

【0049】

【発明の効果】本発明によれば、プラズマの状態を最適化するように制御することができ、特に酸化膜上のシリコン系材料をエッチングする際、下地酸化膜に対するシリコン系材料の選択比も、有機レジストに対するシリコン系材料の選択比も向上し、寸法加工精度の高いエッチングが可能となり、また、ウェハー面内のエッチングレートの均一性も向上させることができた。

【0050】また、発光強度比を測定することによってプラズマ生成条件を制御するので、採光窓の汚れや検出光学系のズレ等の影響を受けずに安定したエッチングが可能となる。

【0051】また、本発明の方法は、特公平7-75230号公報に記載の質量分析器を用いてイオンやラジカルの濃度比をモニタする方法に比較して、プラズマへの攪乱がまったくないことや、装置が非常に単純で小型化することができ、装置にかかるコストを低くできるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るECRプラズマエッチング装置の構成図である。

【図2】従来のECRプラズマエッチング装置の構成図である。

【図3】本発明に係るドライエッチング方法における発光強度比と酸化膜に対する多結晶シリコン材料の選択比との関連の図である。

【図4】本発明に係るドライエッチング方法の第1例として、コイル電流値の調整による発光強度比と酸化膜に対する多結晶シリコン材料の選択比の変化を示す図である。

【図5】本発明に係るドライエッチング方法の第2例として、コイル電流値の調整による発光強度比と酸化膜に対する多結晶シリコン材料の選択比及びエッチングレートのウェハー面内の均一性の変化を示す図である。

【図6】本発明に係る777nm/844nmの発光強度比と酸化膜に対する多結晶シリコン材料の相関の図である。

【図7】本発明に係る777nm/844nmの発光強度比と有機レジストに対する多結晶シリコン材料の選択比との相関の図である。

【図8】本発明に係る777nm/844nmの発光強度比とエッチングによる寸法変化量との相関の図である。

【図9】本発明に係る588nm/844nmの発光強度比と酸化膜に対する多結晶シリコン材料の選択比との相関の図である。

【図10】本発明に係る588nm/844nmの発光強度比と有機レジストに対する多結晶シリコン材料の選択比の相関の図である。

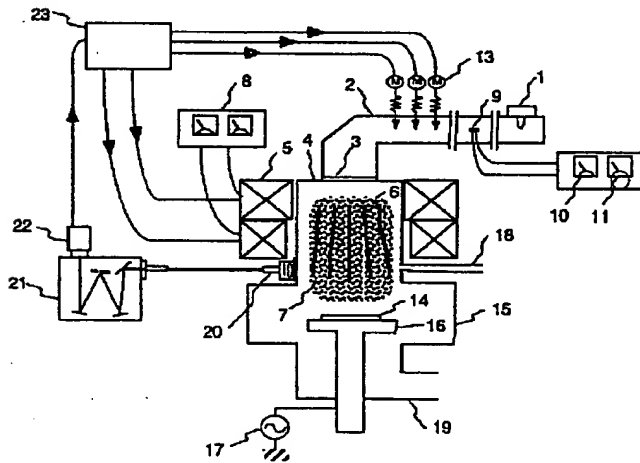
【図11】本発明に係る588nm/844nmの発光強度比とエッチングによる寸法変化量との相関の図である。

【符号の説明】

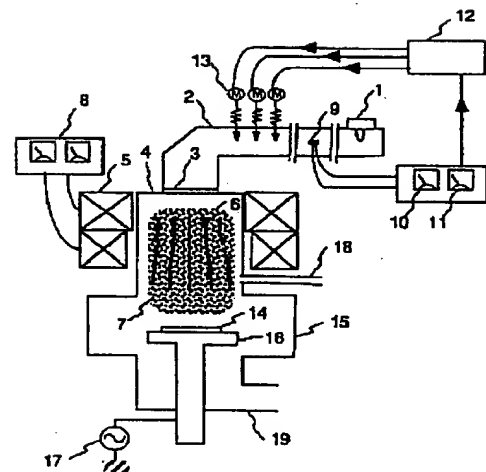
- 1 マグネトロン
- 2 導波管

- 3 導入窓
- 4 真空室
- 5 ソレノイドコイル
- 6 磁場
- 7 プラズマ
- 8 パワーメーター
- 9 方向性結合器
- 10 パワーメーター
- 11 パワーメーター
- 12 コントロール回路
- 13 スタブピン
- 14 ウェハ
- 15 処理室
- 16 ウェハ搭載電極
- 17 高周波電源
- 18 ガス供給口
- 19 排気口
- 20 光学系
- 21 分光器
- 22 エリアセンサ
- 23 コントロール回路

【図1】

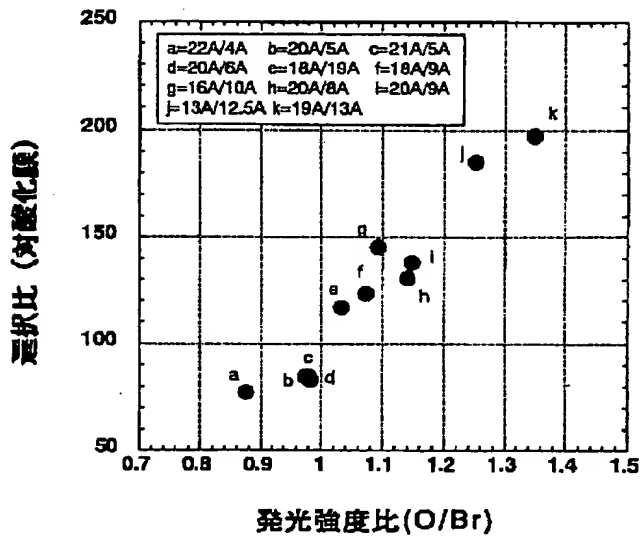


【図2】

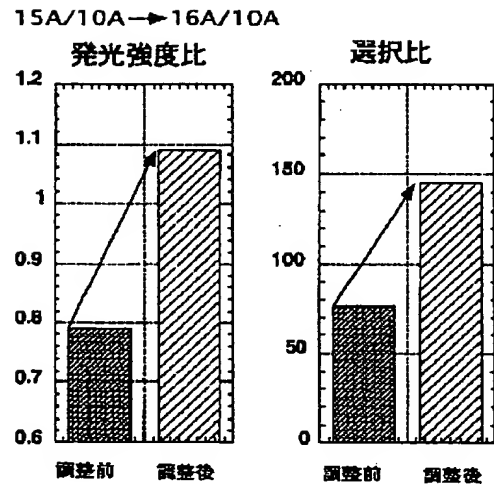




【図3】



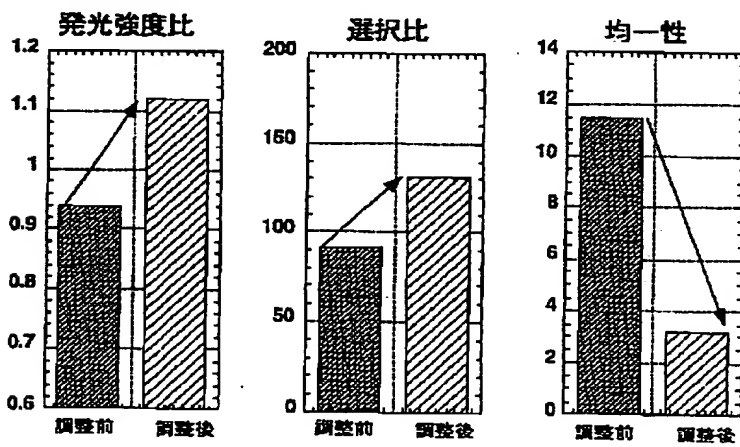
【図4】



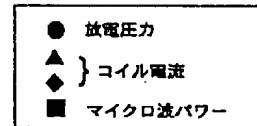
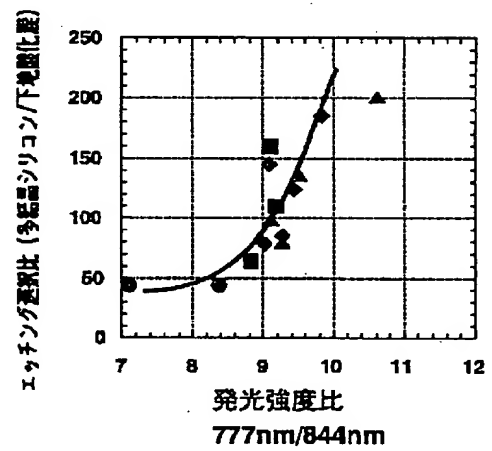
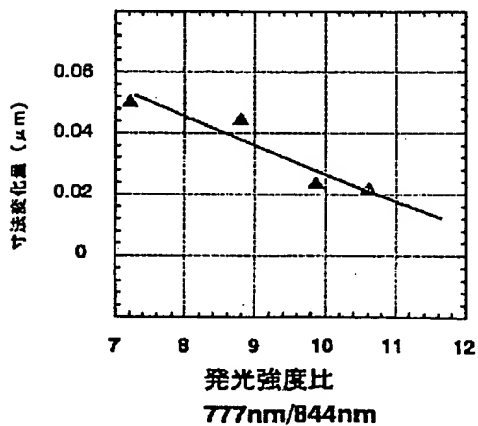
【図6】

【図5】

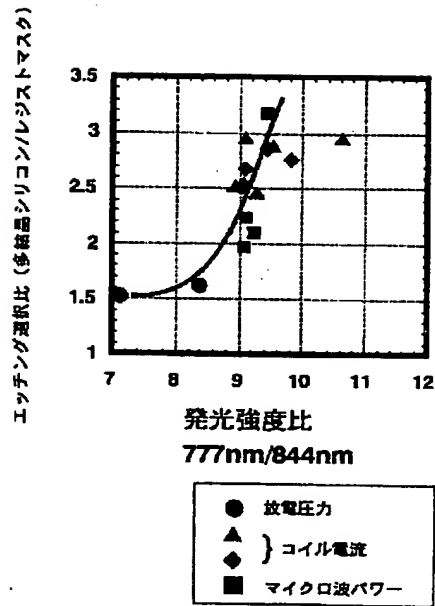
19A/13.5A → 19A/13A



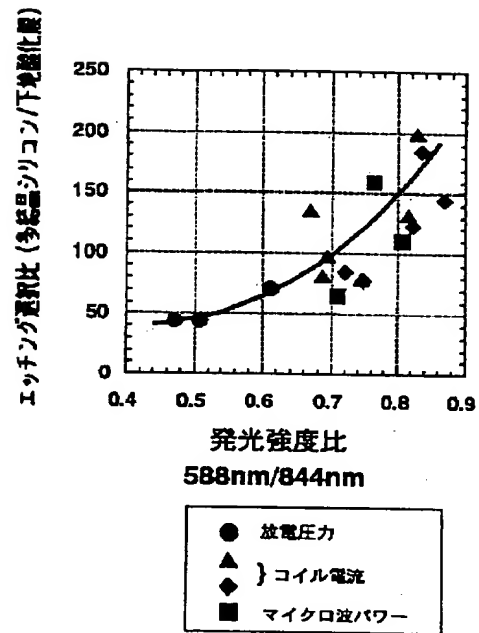
【図8】



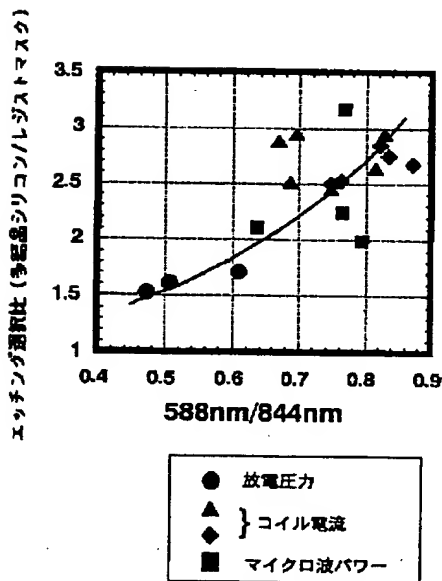
【図7】



【図9】



【図10】



【図11】

